

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АЛГОРИТМА И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НА СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ВЫХОДНЫХ ТОКОВ

Е.А. Быстров, аспирант гр. А9-28,

И.А. Сенчин, аспирант гр. А9-28

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,

E-mail: eab33@tpu.ru

Применение импульсных инверторов напряжения в качестве силового преобразователя асинхронного электропривода имеет ряд недостатков, связанных с формированием выходного напряжения путем широтно-импульсной модуляции на частоте 5–15 кГц, неидеальностью силовых ключей, дискретным заданием опорного сигнала. Вследствие перечисленных факторов выходные напряжения инвертора не обладают идеальной синусоидальной формой. В составе выходных токов также есть гармонические составляющие помимо основной гармоники.

По составу высшие гармоники выходных токов и напряжений в зависимости от их непосредственного источника можно разделить на три группы.

Гармоники первой группы лежат в области частот широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и достаточно эффективно фильтруются индуктивностью электродвигателя до уровня 1–2 % от основной гармоники фазного тока. При необходимости (например, для выполнения высоких требований по виброшумовым характеристикам электродвигателя, для снижения интенсивности старения изоляции обмоточных проводов и для прочих негативных факторов) данные гармоники могут быть дополнительно подавлены введением на выходе преобразователя синусного LC-фильтра [1].

Появление гармоник второй группы (гармоники переменной составляющей напряжения источника питания) вызвано пульсациями входного напряжения инвертора в связи с наличием входного выпрямителя либо регулятора напряжения, которые должны быть минимизированы входным фильтром инвертора.

Гармоники третьей группы (гармоники основной частоты выходного напряжения) лежат в области до 1 кГц. Они вызывают повышенную вибрацию электродвигателя, дополнительные тепловые потери. Снижение данных гармоник в токе электродвигателя путем введения фильтров в электроприводах средней и большой мощности на практике сложно реализуются в связи с большими габаритными размерами фильтров, рассчитанных на низкие частоты, а также большими потерями в них [2].

Причинами возникновения данных гармоник могут быть следующие:

- дискретное формирование опорного значения выходного напряжения (наличие ошибок квантования и упрощение формирования расчета функции синуса для снижения нагрузки на управляющий микроконтроллер);

- динамика ключей инвертора, требующая введения «мертвого» времени в управляющие сигналы;

- эффекты насыщения регулятора (ограничения минимального возможного интервала открытия и закрытия ключей);

- эффекты реакции электродвигателя и нагрузки.

Практические исследования показали возможность снижения уровня данных гармоник такими алгоритмическими методами:

- оптимизацией выходной характеристики u/f импульсного преобразователя за счет снижения основной гармоники питающего напряжения, что возможно благодаря достаточному запасу по моменту двигателя;

- введением зависимости частоты ШИМ от режима работы с целью снижения частоты коммутации ключей в ненормальных режимах работы (для уменьшения влияния мертвого времени).

Для анализа влияния алгоритма и режимов работы трехфазного инвертора на спектральный состав выходных токов был разработан экспериментальный стенд на базе сервоконтроллера СК-ЭТ.380-5,5 производства АО «ТЭТЗ», а также имитационная модель трехфазного инвертора в программной среде MatLab Simulink.

Для оценки качества полученных выходных зависимостей было произведено быстрое преобразование Фурье полученных выходных сигналов одной из фаз нагрузки при использовании встроенной функции «FFT Analysis Tool» в программной среде MatLab Simulink блока «Powergui».

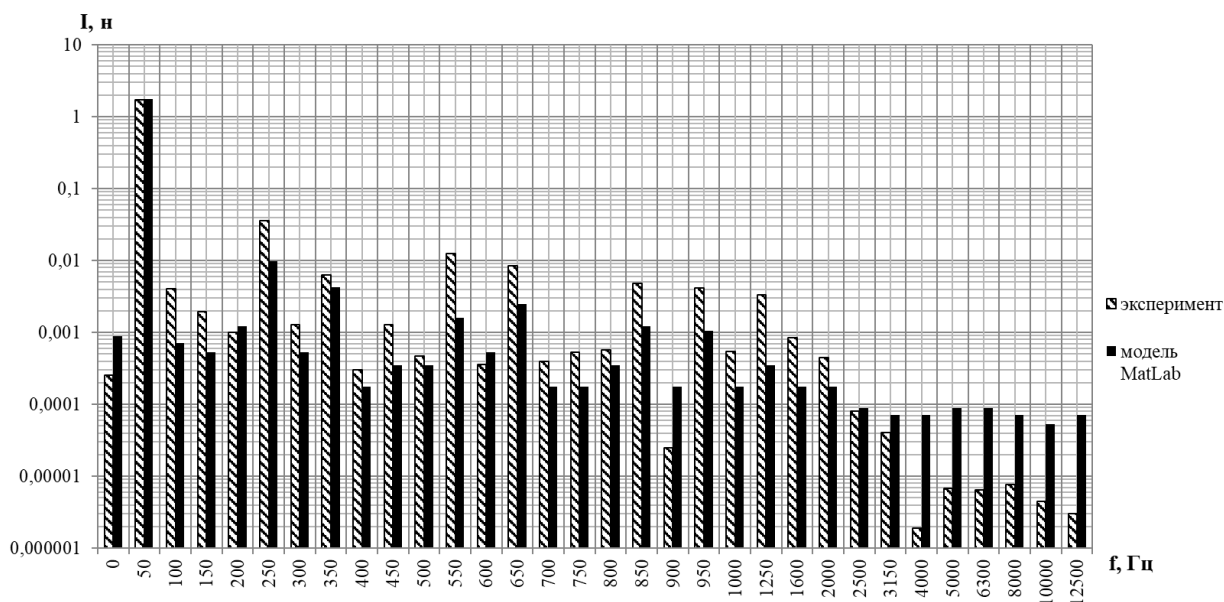


Рис 1. Сравнение спектров фазного тока, полученных при эксперименте и моделировании

Проведя сравнительный анализ результатов эксперимента и моделирования, необходимо отметить высокие уровни в области 5-й и 7-й гармоник, что неоднократно наблюдалось при отработке экспериментального стенда с различными двигателями. Таким образом, получена удовлетворительная сходимость результатов моделирования с экспериментальными данными в области гармоник основной частоты выходного напряжения (тока). Имеющаяся погрешность в результатах может быть следствием различного характера нагрузки и допущений имитационной модели.

В действительности перечисленные методы не всегда дают достаточный результат, для гарантированного снижения уровней гармоник основной частоты требуется пересмотр алгоритма формирования выходного напряжения с точки зрения оптимизации гармонического состава либо применение нестандартных структур силовой части инвертора, например трехуровневую структуру, что также требует изменения алгоритма управления.

Список литературы:

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.